


**MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE**

Patent Number: JP63316440  
Publication date: 1988-12-23  
Inventor(s): KURAMOCHI TOSHIYUKI  
Applicant(s): FUJITSU LTD  
Requested Patent:  JP63316440  
Application Number: JP19870151084 19870619  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/302  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:**To form a trench whose bottom and side walls are not roughened and where a subtrench is not produced by a method wherein a gas of chlorine plus oxygen is used as an etching gas and an etching operation is executed while a deposit mainly composed of silicon dioxide is being deposited on the side walls of the trench.  
**CONSTITUTION:**During a process to form a trench 16 in a silicon substrate 11 by a reactive ion etching operation, a gas of chlorine plus oxygen is used as an etching gas; the etching operation is executed while a deposit mainly composed of silicon dioxide is being deposited on side walls of the trench 16. That is to say, the reactive ion etching operation (R.I.E.) is executed in a state that the deposit 17 mainly composed of SiO<sub>2</sub> and capable of being resistant to a dry etching operation has been formed on the side walls, mainly at the upper part of the side walls, of the trench 16. By this setup, it is prevented that the bottom and the side walls of the trench are roughened and that a subtrench is produced.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-316440

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>  
H 01 L 21/302

識別記号

庁内整理番号  
J-8223-5F  
F-8223-5F

⑭ 公開 昭和63年(1988)12月23日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体装置の製造方法

⑯ 特 願 昭62-151084

⑰ 出 願 昭62(1987)6月19日

⑱ 発 明 者 倉 持 俊 幸 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 復 代 理 人 弁理士 大 菅 義 之

# 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体装置の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) シリコン基板(11)にトレンチ(16)をリアクティブ・イオン・エッチングによって形成する工程において、

エッチングガスとして〔塩素(Cl<sub>2</sub>) + 酸素(O<sub>2</sub>)〕ガスを使用し、

トレンチ(16)の側壁に二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)を主成分とする堆積物(17)を堆積させつつエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

(2) 前記シリコン基板は、n<sup>+</sup>型の埋設層の形成されたものであり、前記エッチングガスは更に三塩化ホウ素(BCl<sub>3</sub>)を含むものであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の方法。

## 3. 発明の詳細な説明

(概要)

シリコン・トレンチエッチングを行う際に、耐

エッチング性のある堆積物を生じさせることで垂直または順テーパの側壁形状を得る。

(産業上の利用分野)

本発明は半導体装置の製造方法、特にシリコン基板にトレンチを形成する方法に関する。

(従来の技術)

半導体装置の形成において、シリコン基板上での素子分離および容量素子としてトレンチ(溝)をエッチングで形成しそのトレンチを加工することが行われる。より具体的に言うと、半導体装置の能動素子を基板上で分離する場合および容量素子を基板上に形成するために、基板上にエッチングによってトレンチを形成する。そして、トレンチを加工するガスとしては、四塩化炭素(CCl<sub>4</sub>)、CCl<sub>4</sub> + O<sub>2</sub>を使用し、リアクティブ・イオン・エッチング(R.I.E.)でエッチングする。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の  $CO_2$ 、または  $CO_2 + O_2$  を用いるトレンチ加工において、①底荒れ、側壁荒れの問題と、②サブトレンチ発生の問題がある。

底荒れについて第3図を参照して説明すると、底荒れとは同図(a)に示される如く、シリコン基板21に形成したトレンチ22の底に図示の如き針状突起が発生することをいう。

かかる針状突起が発生する原因は、トレンチの底を拡大して示す同図(b)を参照すると、エッチングに使用する前記ガスに含まれるカーボン(C)23がエッチングにおいて底の上に堆積する。エッチングが進行すると、このカーボン23がマスクとなって、カーボン23相互間のカーボンが堆積されていない空いた部分だけが同図に実線で示す如くにエッチングされる。しかし、エッチングがさらに進行するとカーボン13が細って同図に点線で示す如くにエッチングされて所要の時間が経過すると針状突起が形成され、このような針状突起をもったトレンチは使用することができない。

側壁荒れについて説明すると、 $CO_2$ を用いる

エッチングにおいて、同図(c)に示される如くトレンチの側壁にもカーボンが堆積する。

側壁上にカーボン23が堆積しない部分があると(同図(d))、その部分から基板内にR.I.E.で発生するラジカル、イオンが侵入して基板を同図に点線で示す如くエッチングし、R.I.E.が終るとトレンチの形状は同図(e)に示される如くなる。かかる側壁荒れのあるトレンチも使用することができない。

$CO_2$  : 200 (sccm)、 $O_2$  : 20 (sccm)、高周波(RF)電力: 400W、圧力: 0.05 TorrのR.I.E.実験において、トレンチの底荒れと側壁荒れが発生することが確認された。

サブトレンチについて第4図を参照して説明すると、トレンチ形成のための初期の段階では、R.I.E.においてイオンは直進するので、トレンチ22は同図(a)に実線で示す如く真直ぐにエッチングされる。R.I.E.が進行すると図に丸印をつけた部分のイオン密度が大になり、その結果イオンの一部は直進することなく曲って進行し、それによ

ってトレンチ22に図示の如くテーパがつくだけでなくトレンチの底の形状は同図(b)に示す如く鋭角になる。トレンチ22の底のこの鋭角部分はサブトレンチ25と呼称されるが、かかるサブトレンチ25が作られるとそこに電界が集中し、トレンチをMOSトランジスタの容量素子として用いる場合にこの電界集中が悪影響を与える。

バイポーラICにおいては、第5図に示される如くシリコン基板に $n^+p$ 層(埋没層)24が形成される。この $n^+p$ 層24は $Sb^+$ 、 $As^+$ 、 $P^+$ を $1 \times 10^{15} \sim 10^{16} / cm^2$ の高ドーズ量でイオン注入して形成されるもので、そこはカーボンとのなじみが悪くカーボンが堆積しにくいために、第5図に示される如くに $n^+$ 層24でえぐられたようにサイドエッチングされることがある。この $n^+p$ 層におけるサイドエッチングは、 $n^+p$ 層のFermi準位が低下し、基板の対エッチャント反応性が高くなっていることによるものと解される。

$CO_2$  : 200 (sccm)、 $O_2$  : 10 (sccm)、RF : 400W、圧力: 0.07 TorrのR.I.E.実験において、

かかるサブトレンチとサイドエッチングの発生が確かめられた。

以上に加えて、R.I.E.においてはシリコン基板をのせたサセプトに $-200V \sim -700V$ のバイアスがかかり、このバイアスによってカーボンが基板内に500 Å程度の深さに拡散してシリコン基板を汚染し、容量素子においてこのカーボンがリークや静電破壊の原因となる。後処理のアニールでカーボンによる基板汚染はある程度治癒されるが、基板が完全にもとの状態に戻ることはないで、カーボン拡散の問題も無視することはできない。

さらに、エッチングガスである $CO_2$ および反応生成物が人体に悪影響を及ぼす問題も報告されている。

本発明はこのような点に鑑みて創作されたもので、トレンチ形状の適正化が実現されるエッチング方法を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

第1図は本発明第1実施例断面図で、図中、11

はシリコン基板、15は  $\text{SiO}_2$  膜12、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜13、PSG 膜14で構成されるエッチングマスク材、16はトレンチ、17は堆積物である。マスク材は、PSGに限らずメタルでもよい。

本発明の第1実施例において、シリコン基板11にトレンチ16をリアクティブ・イオン・エッチングによって形成する工程において、エッチングガスとして（塩素+酸素）ガスを使用し、トレンチ16の側壁に二酸化シリコンを主成分とする堆積物を堆積させつつエッチングし、本発明の第2実施例において、シリコン基板11に  $n^+b$  層が形成されている場合、（塩素（ $\text{Cl}_2$ ）+三塩化ホウ素（ $\text{BCl}_3$ ）+酸素（ $\text{O}_2$ ））ガスを使用し、リアクティブ・イオン・エッチングによりトレンチ16を形成する。

#### 〔作用〕

前記した第1実施例においては、 $\text{SiO}_2$  を主成分とする耐ドライエッチング性のある堆積物17がトレンチ16の側壁、主として側壁の上方部分に形

成され、この堆積物17が作られたことによって、トレンチ側壁が垂直で、側壁荒れ、底荒れ、サブトレンチの発生のない形状を得ることができた。堆積物17はフッ酸と水を用いる処理によって完全に除去され後に残ることはないものである。

シリコン基板11に第5図に示された如き  $n^+b$  層が形成されている場合、 $\text{SiO}_2$  膜12、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜13、PSG 膜14によって構成されるエッチングマスク材15に通常のリソグラフィ技術で窓18を開口し、次いで、 $\text{Cl}_2 + \text{BCl}_3 + \text{O}_2$  ガスを用いるR.I.E.を行う。 $\text{Cl}_2 : \text{BCl}_3 : \text{O}_2 = 85.7 : 4.1 : 19.8$  (sccm) の流量（実流量）および流量比、圧力は  $2.67\text{Pa}$  ( $2.0 \times 10^{-2}$  Torr)、高周波出力  $2.36\text{W}/\text{cm}^2$  と設定することによりトレンチ側壁が垂直で、側壁荒れ、底荒れ、サブトレンチの発生のない形状を得ることができた。 $\text{BCl}_3$  ガスを用いる理由は、Fermi 単位の低下に対しても反応性が低く、対エッチング性の高い  $\text{B}_2\text{O}_3$  を含む堆積物17を形成させる  $\text{BCl}_3$  ガスを添加することによって  $n^+b$  層でのサイドエッチングを防止することが

成された状態でR.I.E.を行うので、トレンチ形状の適正化が実現される、すなわち、底荒れ、側壁荒れ、サブトレンチの発生のないトレンチ16が形成され、また第2実施例において堆積物は  $\text{SiO}_2$  に  $\text{B}_2\text{O}_3$  が加わったものであるが、それも耐ドライエッチング性を持ち、第1実施例と同様の作用をなす。

#### 〔実施例〕

以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図を参照すると、MOS ICの製造を予定してシリコン基板11に  $n^+b$  層は形成されていない。トレンチの形成には、現在までに試みられたことのなかった  $\text{Cl}_2 + \text{O}_2$  ガスを使用し、 $\text{Cl}_2 : \text{O}_2 = 90.0 : 20.0$  (sccm) の流量（実流量）および流量比とし、圧力は  $2.67\text{Pa}$  ( $2.0 \times 10^{-2}$  Torr)、高周波出力は  $2.36\text{W}/\text{cm}^2$  としてR.I.E.を行なったところ、エッチングされるトレンチの側壁の主として上方部分に、 $\text{SiO}_2$  を主成分とする堆積物

できるからである。なおこの場合の堆積物17の主成分である  $\text{SiO}_2$  と  $\text{B}_2\text{O}_3$  はシリコン基板に拡散することがなく、同基板に悪影響を及ぼさない物質であり、トレンチ形成後のフッ酸と水を用いる処理によって完全に除去され、後に残ることはない。

上記した  $\text{Cl}_2 + \text{BCl}_3 + \text{O}_2$  を用いるR.I.E.は  $n^+b$  層が形成されているバイポーラICの製造において用いるもので、第5図を参照して説明したサイドエッチングを防止するために  $\text{BCl}_3$  を用いるのである。

次に、 $\text{Cl}_2 + \text{BCl}_3 + \text{O}_2$  を用いるR.I.E.について本発明者が行った実験について説明する。

第2図(a)はエッチングレートと圧力の関係を示す線図で、ガス流量は  $\text{BCl}_3 : 10$  (sccm)、 $\text{Cl}_2 : 100$  (sccm)、 $\text{O}_2 : 20$  (sccm)、RF出力：600W、エッチング時間：600secの条件下におけるもので、縦軸にエッチングレートを ( $\text{\AA}/\text{min}$ ) で、横軸に圧力を (Torr) でとった。同図で、線Aから右はサイドエッチングの発生し易い領域、

線Bから右は堆積領域である。ここで堆積領域とは、エッチングストップにはならない堆積が発生し、基板表面に  $\text{SiO}_2$  /  $\text{B}_2\text{O}_3$  を主成分とした堆積物が堆積した状態の領域を示す。同図から、圧力0.01Torr以下ではエッチングレートが5000Å/minを切って実用的でなく、0.06Torrを超えるとサイドエッチングが発生するので、0.02～0.06Torrが実施可能な範囲であることが理解される。

次に  $\text{O}_2$  対  $\text{BCl}_3$ 、 $\text{O}_2$  対  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  対  $\text{BCl}_3$ 、 $\text{O}_2$  対  $\text{BCl}_3$ 、 $\text{O}_2$  対  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Cl}_2$  対  $\text{BCl}_3$  の表示流量を変更させた場合の結果について第2図(a)～(d)を参照して説明する。ここで、堆積領域は前記したとおりであり、流量はすべてマスフローメータの表示を直読したもので、実流量換算は

$$\text{Cl}_2 : 0.858 \times \text{表示値}$$

$$\text{BCl}_3 : 0.407 \times \text{表示値}$$

$$\text{O}_2 : 0.991 \times \text{表示値}$$

によって与えられる。

基板は  $n^+p$  層の存在するものを使用したので  $\text{BCl}_3$  流量 = 0 のデータは取らなかった。第2図

(a)～(d)において、砂地で囲まれた領域内が有効領域で、有効の判定基準は、

①エッチング速度

$$4,000 \text{ Å/min} \leq E.R. \leq 9,000 \text{ Å/min} \text{ とした、}$$

②基板表面に  $\text{SiO}_2$  /  $\text{B}_2\text{O}_3$  系の堆積物が存在しないこと、

③パターン内部に堆積物によるエッチング残が存在しないこと、

④  $n^+p$  層でのサイドエッチングが存在しないこと、

⑤トレンチ底部に底荒れが存在しないこと、

⑥トレンチ側壁荒れが存在しないこと、

⑦サブトレンチが存在しないこと、

としたので、有効領域は現実に実施可能な領域である。

(発明の効果)

以上述べてきたように本発明によれば、トレンチの底荒れ、側壁荒れが抑制され、サブトレンチの発生を抑制でき、炭素を主成分とした反応生成

物によるシリコン基板汚染から回避できる、などの効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明実施例断面図、

第2図(a)～(d)は本発明の実施態様を示す線図、

第3図～第5図は従来例断面図である。

第1図において、

11はシリコン基板、

12は  $\text{SiO}_2$  膜、

13は  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜、

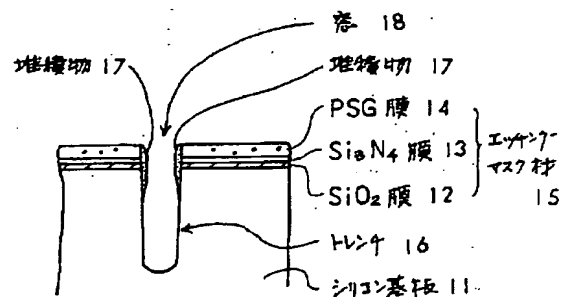
14は PSG 膜、

15はエッチングマスク材、

16はトレンチ、

17は堆積物、

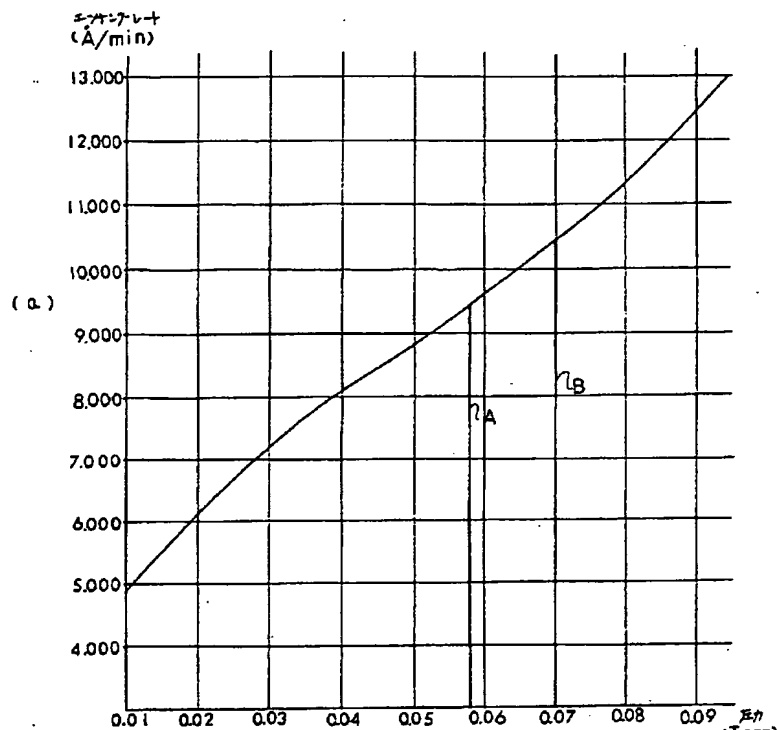
18は窓である。



本発明第1実施例 断面図

第1図

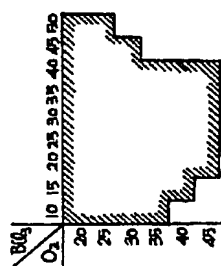
代理人 弁理士 久木元 彰  
復代理人 弁理士 大 菅 義 之



本発明の実施態様を示す線図

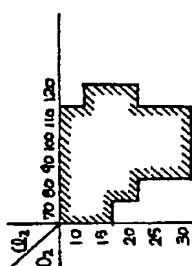
第 2 図

O<sub>2</sub> 対 BCl<sub>3</sub>  
(表示流量)  
圧力 : 0.02 Torr  
Cl<sub>2</sub> : 100 sccm



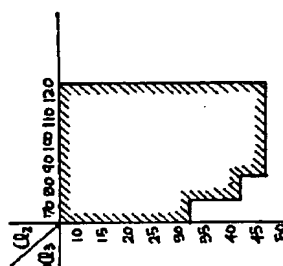
(b)

O<sub>2</sub> 対 Cl<sub>2</sub>  
(表示流量)  
圧力 : 0.02 Torr  
BCl<sub>3</sub> : 10 sccm



(c)

Cl<sub>2</sub> 対 BCl<sub>3</sub>  
(表示流量)  
圧力 : 0.02 Torr  
O<sub>2</sub> : 20 sccm

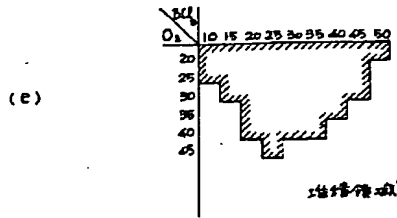


(d)

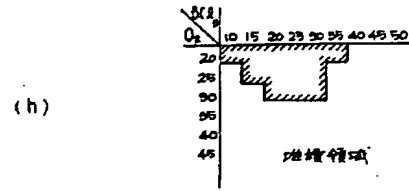
R : 偏置  
BCl<sub>3</sub> : 10 sccm Cl<sub>2</sub> : 100 sccm O<sub>2</sub> : 20 sccm  
RF : 600 W 圧力 : 0.02 Torr

本発明の実施態様を示す線図

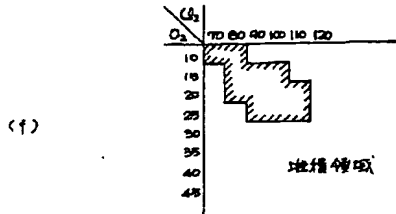
第 2 図



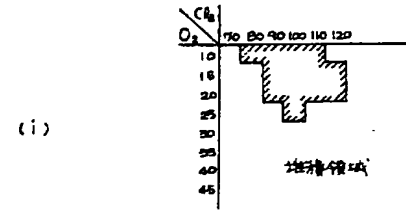
O<sub>2</sub> 対 BCl<sub>3</sub>  
(表示流量)  
圧力: 0.04 Torr  
Cl<sub>2</sub>: 100 SCCM



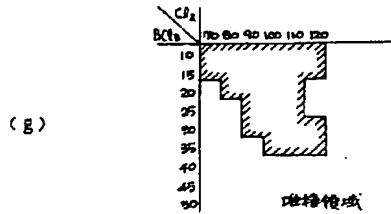
O<sub>2</sub> 対 BCl<sub>3</sub>  
(表示流量)  
圧力: 0.06 Torr  
Cl<sub>2</sub>: 100 SCCM



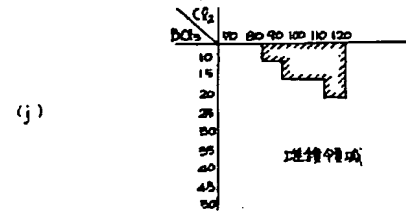
O<sub>2</sub> 対 Cl<sub>2</sub>  
(表示流量)  
圧力: 0.04 Torr  
BCl<sub>3</sub>: 10 SCCM



O<sub>2</sub> 対 Cl<sub>2</sub>  
(表示流量)  
圧力: 0.06 Torr  
BCl<sub>3</sub>: 10 SCCM



Cl<sub>2</sub> 対 BCl<sub>3</sub>  
(表示流量)  
圧力: 0.04 Torr  
O<sub>2</sub>: 20 SCCM



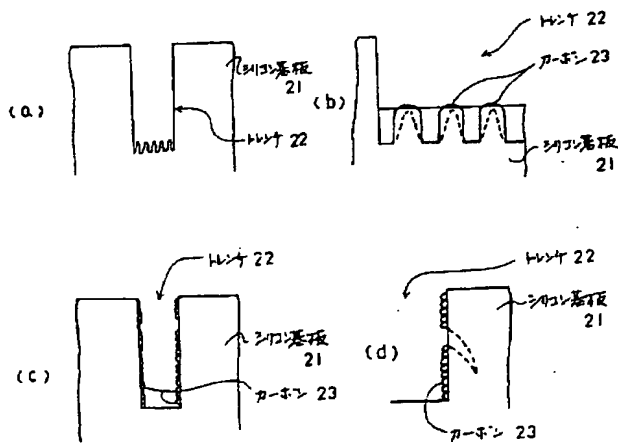
Cl<sub>2</sub> 対 BCl<sub>3</sub>  
(表示流量)  
圧力: 0.06 Torr  
O<sub>2</sub>: 20 SCCM

本発明の実施態様を示す線図

第 2 図

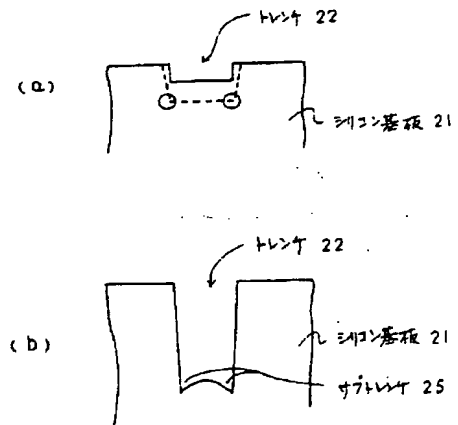
本発明の実施態様を示す線図

第 2 図



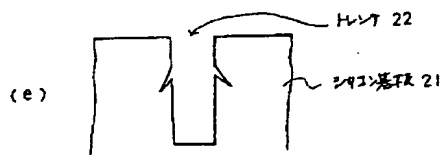
従来の断面図

第 3 図



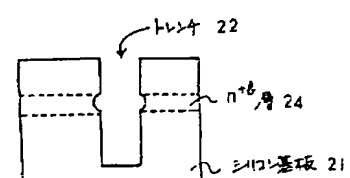
従来の断面図

第 4 図



従来の断面図

第 3 図



従来の断面図

第 5 図